

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 44 426.9

Anmeldetag: 24. September 2002


Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Bearbeitungsmaschine

IPC: G 01 M, B 23 Q

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Dzierzon

Beschreibung

Bearbeitungsmaschine

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Bearbeitungsmaschine, insbesondere ein Bearbeitungszentrum, mit einer Spindel, einer Werkzeug-Einspannvorrichtung, einer Stromrichtereinheit mit einem Spindelmotor, wenigstens einem Schwingungsfühler und einem Auswuchtapparat.

10

Ist bei einer rotierenden Masse die Rotationsachse zum Masse-
schwerpunkt versetzt, so ist eine Unwucht vorhanden. Der Ro-
tationskörper erzeugt durch die rotierende Unwucht eine Zent-
rifugalkraft. Diese Kraft ist eine dynamische Wechselgröße

- 15 mit der Frequenz der Rotationsdrehzahl. Bei einer Verdopplung der Rotationsdrehzahl ergibt sich eine vierfache Zentrifugalkraft. Mit dieser Kraft wird das bzw. die Spindellager belastet. Mittels der Spindellager wird diese dynamische Kraft an das Maschinengestell weitergeleitet. Je nach Steifigkeit
20 des Maschinengestells wird dadurch eine mehr oder weniger große dynamische Auslenkung bewirkt. Die Amplitude dieser dynamischen Auslenkung ist proportional zur Unwucht, wobei die Phasenlage dem Unwuchtwinkel entspricht.

- 25 Mittels eines Schwingungsaufnehmers wird diese dynamische Auslenkung gemessen. Als Schwingungsaufnehmer wird beispielsweise ein Piezosensor verwendet, der die Beschleunigung in elektrische Signale umsetzt. Mittels Frequenzanalyse wird durch mehrfache Integration und Filterung des gemessenen Sig-
30 nals der Schwingungsweg ermittelt, der in μm angezeigt wird. Neben der Unwuchtamplitude wird auch noch die Phasenlage des Signals gemessen und daraus die Winkellage der Unwucht bestimmt und angezeigt.

- 35 Durch die schmalbandige Filterung des gemessenen Signals mit der Drehzahlfrequenz ist es möglich, Schwingungen, die durch

andere Erregerquellen verursacht werden, auszublenden, um exakte Messwerte zu erhalten.

Als verständlicher Wert für die Unwucht hat sich die Anzeige
5 des Schwingweges gut bewährt. Üblicherweise wird in der
Schwingungsmesstechnik als Maßeinheit die Schwingungsge-
schwindigkeit verwendet. Bei der durch eine Unwucht erzeugten
Schwingung ergibt sich zwischen Schwingungsweg und Schwin-
10 gungsgeschwindigkeit ein einfacher mathematischer Zusammen-
hang.

Jedoch der Zusammenhang zwischen Schwingweg/Schwinggeschwin-
15 digkeit und der Unwucht ist auch mit sehr großen mathemati-
schen Aufwand nur annähernd berechenbar. Dieser ist sehr
stark abhängig vom Messort, der Maschinenkonstruktion und den
verwendeten Materialien von Spindel, Lager, Maschinengestell
und Fundament. Deshalb wird in einem einmaligen Einschwing-
vorgang nach dem Anbringen einer definierten Unwucht an einem
20 Radius der Zusammenhang zwischen Unwucht und Schwingweg bzw.
Schwinggeschwindigkeit hergestellt. Diesen Vorgang nennt man
auch Kalibrieren. Damit ist nach diesem Einrichtvorgang eine
Auswuchtelektronik in der Lage bei jedem späteren Auswucht-
vorgang die Größe und die Winkelposition der Auswuchtgewichte
zu berechnen.

25 Die Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung, auch als **High Speed**
Cutting (HSC)-Bearbeitung bezeichnet, ist eine relativ neue
Technologie mit vielversprechenden Leistungsmerkmalen und
Vorteilen für die zu zerspanende Industrie. Maschinen-Spin-
30 del-Drehzahl von 12.000 min^{-1} bis zu 50.000 min^{-1} und mehr
sind günstige Bearbeitungsdrehzahlen, die eine signifikante
Steigerung des Materialabtrages erlauben. Diese Produktivi-
tätzunahme eröffnet neue kostensparende Herstellungsmetho-
den. Eine Verbesserung der Oberflächenqualität ist ebenfalls
35 möglich, bedingt durch die Herabsetzung der Schnittkräfte.
Mit der Steigerung der Spindeldrehzahl erhöhen sich zwangs-
läufig mit quadratischer Funktion die Fliehkräfte, die durch

Massenunsymmetrien (Unwuchten) generiert werden. Diese Kräfte zerstören Werkzeuge und Spindel und ergeben eine schlechte Oberflächenqualität der Werkstücke. Diese Unwuchten können mittels im Handel (Katalog der Firma Micro Präzision Marx GmbH, Nürnberg) erhältlichen automatischen Auswuchtsystemen, die jeweils einen Auswuchtapparat und ein Anzeige- und Steuergerät mit einer Auswuchtelektronik aufweist, eliminiert werden.

Die Auswuchtapparate sind elektromechanische Einheiten. In jedem Wuchtapparat sind zwei Elektromotoren mit speziellen Getriebeneinheiten kombiniert. Diese Elemente dienen dazu zwei unabhängig voneinander gelagerte Wuchtmassen zu positionieren und somit Unwuchten auszugleichen. Die Wuchtmassenverstellung kann sowohl im Stillstand als auch während der Rotation (bei Betriebsdrehzahl) des Auswuchtapparates erfolgen. Zur Positionierung der zwei unabhängig voneinander gelagerten Wuchtmassen im Auswuchtapparat werden vom Auswerte- und Steuergerät aus den Messergebnissen des Schwingungssensors zwei Winkelwerte errechnet, auf die die Massen verschoben werden müssen, um die Unwucht zu kompensieren. Diese Positionen werden mittels der Verstellmotoren automatisch angefahren. Dafür liefert das Auswerte- und Steuergerät die benötigte Leistung zur Stromversorgung der Motoren. Die Stromübertragung erfolgt dabei konventionell mit Schleifringen oder kontaktlos. Diesen Auswuchtapparat gibt es für Flanschanbau bzw. für Spindeleinbau. Die Größe der Unwucht und die vorhandenen Platzverhältnisse an der Spindel einer Bearbeitungsmaschine entscheiden jeweils über Art und Größe des zu verwendeten Auswuchtapparates.

Wie bereits erwähnt, dient der Auswuchtapparat lediglich zur Wuchtmassenverstellung, wodurch eine gemessene Unwucht eliminiert werden kann. Dazu wird außerdem ein Anzeige- und Steuergerät und wenigstens ein Schwingungsfühler benötigt. Die Schwingungsfühler werden jeweils mit einem Messeingang des Anzeige- und Steuergerätes verknüpft. Der Auswuchtapparat und

ein Drehzahlsensor der auszuwuchtenden Spindel wird mit weiteren Anschlüssen des Anzeige- und Steuergerätes verbunden.

- Das handelsübliche Anzeige- und Steuergerät gibt es entweder
- 5 als Einschubgerät oder als Tischgerät. Bei der Anwendung in Bearbeitungsmaschinen ist die Ausführungsform als Einschubgerät zu bevorzugen, da es dann in einem zur Bearbeitungsmaschine gehörenden Schaltschrank installiert werden kann.
- 10 Wird dieses automatische Auswuchtsystem in einer CNC-Maschine verwendet, so wird anstelle eines Anzeige- und Steuergerätes ein Auswuchtmodul für eine CNC-Anbindung verwendet. Außerdem werden dann noch ein Maschinen-Interfacemodul und ein 1- oder
- 15 auch noch Vorverstärker benötigt. Unter Umständen werden auch noch Vorverstärker benötigt. Bei diesen automatischen Auswuchtsystem mit CNC-Anbindung ist der Verkabelungsaufwand gegenüber der bereits erwähnten Anwendung erheblich gestiegen. Neben dem Verkabelungsaufwand, muss im Schaltschrank der Bearbeitungsmaschine für das Anzeige- und Steuergerät bzw.
- 20 für die Module ausreichend Platz vorhanden sein.

- Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Bearbeitungsmaschine mit einem automatischen Auswuchtsystem derart
- 25 weiterzubilden, dass der Verkabelungsaufwand und der Platzbedarf sich wesentlich verringert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

- 30 Dadurch, dass das Anzeige- und Steuergerät eines automatischen Auswuchtsystems softwaremäßig in eine Steuer- und Regeleinrichtung einer Stromrichtereinheit eines Spindelantriebs einer Bearbeitungsmaschine integriert wird, wird hardwaremäßig das Anzeige- und Steuergerät des automatischen Auswuchtsystems eingespart. D.h., es werden bereits vorhandene
- 35 Komponente der Stromrichtereinheit einer Bearbeitungsmaschine für die Auswertung und Anzeige einer Unwucht verwendet. Da-

durch vermindert sich nicht nur der Verkabelungsaufwand erheblich, sondern ebenfalls der Platzbedarf im Schaltschrank der Bearbeitungsmaschine. Somit wird von dem Anzeige- und Steuergerät eines automatischen Auswuchtsystems bei der erfindungsgemäßen Lösung nur noch das Programm zum Auswuchten benötigt, da die Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit selbst über einen Signalprozessor bzw. einem Mikroprozessor verfügt, der bei der Drehzahlregelung einer Spindel nicht ausgelastet ist.

10

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung einer Bearbeitungsmaschine sind die Schwingungsfühler jeweils im Lagerbereich der Spindel angebracht. Dadurch können sogar kleinste Unwuchten ermittelt werden, weil im Lagerbereich die Schwingungssignale, die von einer Unwucht erzeugt werden, dort amplitudenmäßig am größten sind.

15

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine sind den Unteransprüchen 4 bis 9 zu entnehmen.

20

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine schematisch veranschaulicht ist.

25

In der FIG ist mit 2 eine Bearbeitungsmaschine und mit 4 eine Stromrichtereinheit, die in einem nicht näher dargestellten Schaltschrank der Bearbeitungsmaschine untergebracht ist, bezeichnet. Als Stromrichtereinheit 4 ist beispielsweise ein Wechselrichter vorgesehen, dessen Leistungsteil eine mehrpulssige Brückenschaltung mit abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter aufweist. An Stelle eines Wechselrichters als Stromrichtereinheit kann auch ein Umrichter vorgesehen sein, der als lastseitigen Stromrichter einen Wechselrichter aufweist.

30 Im Falle eines Wechselrichters wird diese Stromrichtereinheit 4 aus einem gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis, der hier nicht näher dargestellt ist, gespeist. Im Falle eines

35

Umrichters wird diese Stromrichtereinheit direkt aus dem zur Verfügung stehenden Wechselstromnetz, das hier nicht näher dargestellt ist, gespeist. Diese Stromrichtereinheit 4 weist ebenfalls eine Steuer- und Regeleinrichtung auf, die aus einem vorbestimmten Drehzahl-Sollwert in Abhängigkeit eines gemessenen oder berechneten Drehzahl-Istwertes Steuersignale für die abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter berechnet. Dazu weist diese Steuer- und Regeleinrichtung einen handelsüblichen Signalprozessor bzw. einen Mikrocomputer auf.

10

Die Bearbeitungsmaschine 2 weist einen Maschinentisch 6, eine Traverse 8, einen Spindelmotor 10, eine Spindel 12, ein Werkzeug 14 und einen Auswuchtapparat 16 auf. Der Maschinentisch 6 ist auf ein Maschinengestell 18 gelagert, das wiederum mit einem nicht näher dargestellten Fundament verbunden ist. Um mit einer solchen Bearbeitungsmaschine Werkstücke bearbeiten zu können, ist das Werkzeug 14 mit der Spindel 12 und dem Spindelmotor 10, in einer oder mehreren Achsen verfahrbar. Unter anderem übliche Ausführungen sind:

20

- 1) Werkzeug 14 mit Spindel 12 und Spindelmotor 10 ist auf der Traverse 8 in Y-Richtung verfahrbar und über eine mitfahrende Achse in Z-Richtung in der Höhe verfahrbar. Die Traverse 8 mit Säule 20 ist mit einer Achse in X-Richtung entlang des Maschinentisches verfahrbar.
- 2) Wie unter 1), aber in diesem Fall steht die Traverse 8 mit Säule 20 fest, und der Maschinentisch 6 wird mittels einer Achse in X-Richtung an der Traverse vorbeigefahren.
- 3) Wie unter 1) oder 2) aber um die Bearbeitungsmöglichkeiten zu erhöhen werden zwei oder drei weitere Achsen eingeführt, um das Werkzeug 14 mit Spindel 12 und Spindelmotor 10 um die Achsen A, B oder/und C schwenken zu können.

25

30

35

Für diese einzelnen Bewegungen in X-, Y-, Z-, A-, B- und C-Richtung sind jeweils ein Antrieb, bestehend aus Motor und Stromrichtereinheit, vorgesehen. Auch diese zusätzlichen Stromrichtereinheiten sind ebenfalls im zugehörigen Schalt-

schränk der Bearbeitungsmaschine 2 untergebracht und werden, wenn sie als Wechselrichter ausgeführt sind, ebenfalls aus dem gemeinsamen Gleichspannungs-Zwischenkreis gespeist. Ferner weist die Bearbeitungsmaschine 2 ein Werkzeugwechselsystem auf, das hier nicht im einzelnen dargestellt ist. Eine derartige Bearbeitungsmaschine 2 wird auch als Bearbeitungszentrum bezeichnet.

Das Werkzeug 14 ist über einen Kegel, insbesondere einem Hohlschaftkegel oder Steilkegel, mit der Spindel 12 verspannt. Durch diese Befestigungsart sitzt das Werkzeug 14 nicht absolut zentrisch. Bei Bearbeitungsmaschine 2 mit einem Werkzeugwechselsystem werden während einer Bearbeitung relativ häufig unterschiedliche Werkzeuge 14 eingespannt. Dadurch entstehen nach jedem Wechsel unterschiedliche Unwuchten im System Spindel 12 mit Werkzeug 14.

Zur Ermittlung von Unwuchten wird zumindest ein Schwingungsaufnehmer 24 benötigt. Dieser Schwingungsaufnehmer 24, mit dem eine dynamische Auslenkung gemessen wird, ist mittels eines Kabels 26 mit der Stromrichtereinheit 4 des Spindelantriebs, insbesondere mit seiner Steuer- und Regeleinrichtung, verknüpft. Da die dynamische Auslenkung, die durch die Unwucht entsteht, die Lager des Spindelmotors 10 belasten, ist die bevorzugte Stelle für die Anbringung des bzw. der Schwingungsaufnehmer 24 in der Nähe der Lager des Spindelmotors 10.

Der Signalprozessor bzw. der Mikrocomputer der Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit 4 des Spindelantriebs berechnet aus den gemessenen dynamischen Auslenkungen mit Hilfe einer Auswuchtsoftware Stellsignale für den Auswuchtapparat 16, der ebenfalls mittels eines Kabels 28 mit der Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit 4 verknüpft ist. Wie aus der dynamischen Auslenkung Signale für die Auswuchtverstellung berechnet wird, ist eingangsseitig bereits erläutert.

Durch die erfindungsgemäße Integration eines Anzeige- und Steuergerätes eines automatischen Auswuchtsystems werden nur noch die Kabel 26 und 28 für die Verkabelung zweier Schwingungsaufnehmer 24 und eines Auswuchtapparates 16 benötigt. Da
5 das Anzeige- und Steuergerät des automatischen Auswuchtsystems hardwaremäßig nicht mehr vorhanden ist, entfällt auch dessen Verkabelung.



Patentansprüche

1. Bearbeitungsmaschine (2), insbesondere Bearbeitungszentrum, mit einer Spindel (12), einer Werkzeug-Einspannvorrichtung, einer Stromrichtereinheit (4) mit einem Spindelmotor (10), wenigstens einem Schwingungsfühler (24) und einem Auswuchtapparat (16), wobei die Schwingungsfühler (24) und der Auswuchtapparat (16) signaltechnisch mit einer Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit (4) verknüpft sind, die ein Programm zum Auswuchten aufweist.
2. Bearbeitungsmaschine (2) nach Anspruch 1, da durch gekennzeichnet, dass die Schwingungsfühler (24) jeweils im Lagerbereich der Spindel (12) angebracht sind.
3. Bearbeitungsmaschine (2) nach Anspruch 1 oder 2, da durch gekennzeichnet, dass der Auswuchtapparat (16) der Werkzeug-Einspannvorrichtung zugeordnet ist.
4. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, da durch gekennzeichnet, dass der Auswuchtapparat (16) dem Spindelmotor (10) zugeordnet ist.
5. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der vorgenannten Ansprüche, da durch gekennzeichnet, dass als Schwingungsfühler (24) ein Beschleunigungssensor vorgesehen ist.
6. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der vorgenannten Ansprüche, da durch gekennzeichnet, dass als Spindelmotor (10) eine permanent erregte Synchronmaschine vorgesehen ist.

7. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromrichtereinheit (4) ein Wechselrichter ist.

5 8. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit einen Mikroprozessor mit hoher Taktfrequenz aufweist.

10 9. Bearbeitungsmaschine (2) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auswuchtapparat (16) mit einem Stellglied verknüpft ist.



Zusammenfassung

Bearbeitungsmaschine

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Bearbeitungsmaschine (2), insbesondere ein Bearbeitungszentrum, mit einer Spindel (12), die eine Werkzeug-Einspannvorrichtung, eine Stromrichtereinheit (4) mit einem Spindelmotor (10), wenigstens einem Schwingungsaufnehmer (24) und einem Auswuchtapparat (16) auf-
- 10 weist. Erfindungsgemäß sind die Schwingungsaufnehmer (24) und der Auswuchtapparat (16) signaltechnisch mit einer Steuer- und Regeleinrichtung der Stromrichtereinheit (4) verknüpft, wobei diese Steuer- und Regeleinrichtung ein Programm zum Auswuchten aufweist. Somit erhält man eine Bearbeitungsma-
- 15 schine (2) mit einem automatischen Auswuchtsystem, dessen Verkabelungsaufwand und Platzbedarf minimal ist.

FIG 1

